



SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus  
Patent- och registerstyrelsen

(73) Haltija - Innehavare

1. Rauma Materials Technology Oy, PL 306, 33101 Tampere, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Kliski, Erkki, Viholankatu 15 F 25, 33400 Tampere, (FI)  
2. Martikainen, Hannu, Helakallionkatu 6 H, 33580 Tampere, (FI)  
3. Liimatainen, Jari, Villilänniemi 10 B, 33300 Tampere, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Ruska & Co Oy, Runeberginkatu 5, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Telan valmistus  
Framställning av vals

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

JP A 4-253514 (B 21B 45/06)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö liittyy paperikoneiden telojen valmistukseen ruostumattomasta teräksestä. Keksinnön mukaisesti sulasta teräksestä valmistetaan kaasuatomisoimilla pulveria, valmistetaan pulverista tela-aihio ja koneistetaan tela-aihio telaksi. Keksinnön mukaisten telojen etuna on ennen kaikkea niiden hyvä korroosioväsymiskestävyys.

Uppfinningen anknyter till tillverkning av pappersmaskinvalsar av rostfritt stål. Enligt uppfinningen framställs av smält stål pulver genom gasatomisering, av pulvret framställs ett valsämne och valsämnet bearbetas till en vals. Fördelen med valsar enligt uppfinningen är framför allt deras beständighet mot korrosionsutmattnings.

(12) PATENTTIJULKAISU  
PATENTSKRIFT

(10) FI 100422 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats 28.11.97

(51) Kv.lk.6 - Int.kl.6

F 16C 13/00 // B 22F 9/08

(21) Patenttihakemus - Patentansökning 943285

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 11.07.94

(24) Alkupäivä - Löpdag 11.07.94

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 12.01.96



F1000100422B

BEST AVAILABLE COPY

**TELAN VALMISTUS****TEKNIIKAN ALA**

5 Keksintö liittyy paperikoneiden telojen valmistukseen ruostumattomasta teräksestä. Paperikoneella tarkoitetaan tässä yleisesti sekä paperi- että kartonkikoneita.

**TEKNIIKAN TAUSTA**

10 Paperikoneiden telat altistuvat käytössä samanaikaisesti sekä mekaaniselle rasitukselle, korroosiolle että kulumiselle. Rasitukselle on tyypillistä syklisesti vaihteleva kuormitus. Korroosio taas aiheutuu ennen kaikkea suhteellisen korkeasta käyttölämpötilasta ja prosessiympäristön sisältämistä klori-

15 Telojen materiaalina käytetään nykyään erityyppisiä ruostumattomia duplexteräksiä. Duplexteräksille on ominaista mikrorakenne joka sisältää sekä ferriittiä että austeniittia. Niiden tilavuusosuudet pyritään yleensä saamaan yhtä suuriksi. Kaksifaasisen mikrorakenteensa vuoksi duplexteräksillä on hyvä  
20 korroosioväsymiskestävyys.

Telat valmistetaan nykyään keskipakomenetelmällä valamalla, valssatuista levyistä hitsaamalla tai takomalla.

Esimerkiksi patenttijulkaisusta FI-86747 tunnetaan eräs paperikoneen teloihin tarkoitettu valuteräs. Sen koostumus on  
25 seuraava: C max 0,10 %, Si max 1,5 %, Mn max 2,0 %, Cr 25,0 - 27,0 %, Ni 5,0 - 7,5 %, Cu 1,5 - 3,5 %, N max 0,15 %, Mo max 0,5 %.

**KEKSINNÖN KUVAUS****30 Yleinen kuvaus**

Nyt on keksitty patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä paperikoneen telan valmistamiseksi. Keksinnön eräitä edullisia sovellutuksia esitetään muissa vaatimuksissa.

35 Keksinnön mukaisesti tela-aiho valmistetaan kaasuatomisoidusta teräspulverista joko kuumaisostaattisesti puristamalla tai pursottamalla.

Keksinnön mukaisten telojen etuna on ennen kaikkea niiden hyvä korroosioväsymiskestävyys.

Yksityiskohtainen kuvaus

Paperikoneiden telojen tavallinen pituus on 5 - 10 m, halkaisija 0,5 - 1,3 m ja seinämävahvuus 50 - 80 mm. Telojen pyörimisnopeudet voivat olla jopa 1500 kierrosta minuutissa, eli väsymismurtumaa aiheuttamia kuormanvaihtoja tulee 25 kpl sekunnissa.

Korroosio kiihdyttää voimakkaasti telan syklisen kuorituksen aiheuttaman väsymisvaurion syntyä. Varsinkin imute-  
lojen yleisin vauriomekanismi onkin korroosioväsyminen. Se  
ydintyy tyypillisesti valu- tai hitsausvirheisiin, pistekor-  
roosion aiheuttamiin syöpymiin tai epämetallisiin kuonasul-  
keumiin.

Valuvirheet muodostuvat jähmettymisen aikana jähmettymis-  
virheinä tai kaasusulkeumina.

Pistekorroosio saa tyypillisesti alkunsa teräksen pinnan  
passiivikalvoon syntyvästä murtumasta, joka esimerkiksi klori-  
dien vaikutuksesta aikaansaa paikallisen aktiivialueen ja sii-  
nä korkean korroosiovirrantiheyden ja siten nopean pistemäisen  
korroosion. Ulkoinen kuormitus edesauttaa passiivikalvon mur-  
tumista.

Epämetalliset kuonasulkeumat kuten oksidit ja sulfidit  
voivat toimia paikallisen lovivaikutuksensa vuoksi väsymismur-  
tuman ydintäjänä. Lisäksi esimerkiksi mangaanisulfidit saatta-  
vat korroosion vaikutuksesta liueta, jolloin syntyvä pistesyö-  
pymä ydintää väsymismurtuman.

Väsymismurtuman ydintymisen jälkeen särö etenee samanai-  
kaisen korroosion ja syklisesti vaihtelevan ulkoisen jännityk-  
sen vaikutuksesta.

Nyt tehdyssä keksinnössä tela valmistetaan kaasuatomi-  
soidusta esiseostetusta teräspulverista. Pulveri valmistetaan  
sitte, että ensin valmistetaan halutunlainen sula teräs, johon  
sitten kohdistetaan inertti kaasusuihku. Kaasusuihku hajoittaa  
sulan teräksen pieniksi, pääosin alle 500 mikrometrin kokoi-  
siksi partikkeleiksi, jotka jähmettyvät nopeasti. Käytännössä  
atomisointi suoritetaan valuttamalla sulaa terästä tietyn tyy-  
pisten keraamisten erikoissuuttimien läpi erityiseen atomi-  
sointikammioon.

Pulveri kiinteytetään joko kuumaisostaattisella puristuk-

sella tai kuumapursottamalla siten, ettei tuotteeseen jää huokosia.

5 Kuumaisostaattisessa puristuksessa valmistetaan ensin ohutlevystä muotti ja täytetään se teräspulverilla. Muotin mitoituksessa on otettava huomioon pulverin tiivistyminen siten, että päästään mahdollisimman lähelle haluttua loppumitta-  
10 Täytetty muotti evakuoidaan, suljetaan kaasutiiviisti ja siirretään kuumaisostaattiseen puristimeen. Siinä muottiin kohdistetaan inertissä kaasussa (argon) korkea lämpötila ja paine, jolloin muotti puristuu kasaan ja pulveri tiivistyy plastisen deformaation, virumisen ja diffuusion vaikutuksesta. Tyypillinen paine on 100 - 120 MPa, lämpötila 1100 - 1200 °C ja puristusaika vähintään 3 h. Muotti poistetaan kappaleen pinnasta syövyttämällä tai koneistamalla.

15 Pulverin pursotuksessa täytetään ensin teräsmuotti pulverilla. Muotissa olevaa pulveria voidaan haluttaessa hieman tiivistää kylmäpuristuksella. Sen jälkeen muotti esikuumennetaan ja pursotetaan haluttuun muotoon. Vaihtoehtoisesti muot-  
20 tia ensin kuumapuristetaan erityisessä muotissa siten, että aikaansaadaan hieman tiivistynyt aihio. Lopuksi aihio kuumapursotetaan. Tyypilliset pursotuslämpötilat ovat alueella 1100 - 1300 °C. Pursotusaihion käsittely- ja pursotusaika on muutamia minutteja.

25 Ennen pursotusta aihiota voidaan edelleen tiivistää lävistämällä. Lävistyksessä aihion läpi työnnetään erityinen lävistystyökalu, jolloin aihiossa aikaansaadaan muokkautumista ja pulveri tiivistyy hyvin lähelle 100 %:n tiiveyttä. Samalla aihio saadaan putkimaiseksi.

30 Kummallakin menetelmällä voidaan valmistaa materiaalista ehdottoman tiiviitä teloja, joissa ei ole huokosia tai vikoja, jotka voisivat toimia väsymissärön ydintäjänä.

35 Kaasuatomisoinnissa partikkelit jähmettyvät hyvin nopeasti, jolloin niiden koostumus muodostuu täysin homogeeniseksi läpi koko partikkelin. Näin myös seosainejakauma telan materiaalissa on täysin homogeeninen. Valukappaleiden jähmettyessä sen sijaan kappaleessa tapahtuu sekä mikro- että makrosuotautumista, minkä seurauksena jähmettyneen materiaalin koostumus kappaleen eri osissa poikkeaa halutusta optimikoostumuksesta.

Keksinnön mukaisesti valmistetussa telassa esimerkiksi materiaalin korroosioväsymiskestävyys on yhtä korkea läpi koko kappaleen. Kappaleessa ei myöskään ole liian korkeiden paikallisten seosainepitoisuuksien aiheuttamia haittoja. Keksinnön mukaisessa menetelmässä voidaan käyttää korkeaa kromi- ja molybdeeniseostusta, mikä lisää korroosiokestävyyttä, ilman että syntyy haurastavia ja korroosiokestävyyttä heikentäviä faaseja, kuten sigmafaasia.

Pulveripartikkeleihin ei niiden jäähtyessä nopeasti muodostu kaasuhuokosia. Näin voidaan seostuksessa käyttää haluttaessa myös suhteellisen korkeaa typpitasoa lujuuden ja korroosionkestävyyden edelleen parantamiseksi.

Kuumaisostaattisesti puristamalla tai pursottamalla voidaan valmistaa suoraan halutun telan muotoinen aihio, joka sitten koneistetaan lopulliseksi tuotteeksi. Suuret telat voidaan tarpeellista valmistaa useammasta sektorinmuotoisesta osasta, jotka liitetään yhteen hitsaamalla. Puristamalla voidaan myös valmistaa ensin väliaihio, joka kuumamuokataan lopulliseen muotoonsa. Muokkautuvuus on hyvä, koska kappaleessa ei ole suotautumien aiheuttamaa repeilyvaaraa.

Pulverin materiaali on austeniittis-ferriittistä ruostumatonta terästä. Koostumus on erityisesti seuraavanlainen

	C	max 0,08	edullisesti max 0,03
	Si	max 2	" max 1,5
25	Mn	max 2	" max 1,5
	Cr	18 - 29	" 23 - 28
	Mo	1,5 - 4,5	" 2,5 - 3,5
	Ni	4,5 - 9	" 6,5 - 8,5
	Cu	max 3	" 1 - 2,5
30	N	0,1 - 0,35	" 0,18 - 0,25
	S	max 0,03	" max 0,005
	P	max 0,03	" max 0,025
	Al	max 0,1	" max 0,02

Erityisesti suuriin teloihin soveltuu seuraava koostumus:

35	C	max 0,03	parhaiten max 0,02
	Si	max 1,5	" max 1
	Mn	max 1,5	" 0,6 - 1
	Cr	24 - 28	" 25 - 27

	Mo	2,5 - 3,5	"	2,75 - 3,25
	Ni	6,5 - 8	"	7 - 7,5
	Cu	max 3	"	1,5 - 2,5
	N	0,15 - 0,3	"	0,18 - 0,25
5	S	max 0,03	"	max 0,005
	P	max 0,03	"	max 0,025
	Al	max 0,1	"	max 0,02

Lisäksi voidaan haluttaessa käyttää pieniä määriä muita seosaineita, kuten wolframia enintään 3 % ja vanadiinia, nio-  
 10 bia ja titaania yhteensä enintään 0,5 %.

Keksinnössä käytettävien teräslaatuojen korroosionkestä-  
 vyyttä voidaan kuvata ns. PREN-indeksillä (Pitting resistance  
 equivalent with nitrogen), joka lasketaan Cr-, Mo- ja N-pitoi-  
 suuksista kaavalla

$$15 \quad \text{PREN} = \text{Cr-}\% + 3,3 \cdot \text{Mo-}\% + 16 \cdot \text{N-}\%$$

Jos mukana on wolframia, käytetään PRENW-indeksiä, jolloin

$$\text{PRENW} = \text{Cr-}\% + 3,3 \cdot (\text{Mo-}\% + 0,5 \cdot \text{W-}\%) + 16 \cdot \text{N-}\%$$

Kuvio 1 esittää keksinnön mukaisesti (P/M) ja tavan-  
 mukaisesti valamalla valmistettujen duplex-terästen pistekor-  
 20 roosionkestävyyttä PRENW-indeksin funktiona. Keksinnön mukai-  
 sesti valmistetuilla tuotteilla korroosionkestävyys on olen-  
 naisesti parempi ja lisäksi seostusasteen nosto lisää korroo-  
 sionkestävyyttä suhteellisesti enemmän kuin valetuilla tuot-  
 teilla.

25 PREN-indeksin kasvaessa myös sekä myötö- että murtolujuus  
 kasvavat, mikä käy ilmi kuvioista 2.

Kuvio 3 esittää PRENW-indeksin vaikutusta korroosioväsy-  
 miskestävyyteen. Testinä on käytetty kiertotaivutusväsytystä  
 (f 85 Hz, 3-% NaCl-liuos). Vaaka-akselilla esitetään kuorman-  
 30 vaihtojen lukumäärä ennen murtumaa. Nähdään, että PRENW-indek-  
 sin kasvaessa korroosioväsymiskestävyyskin paranee.

Kuviossa 4 verrataan vielä pulverista kuumaisostaattises-  
 ti puristamalla valmistetun aihion (DUP27) kuumamuokkautuvuut-  
 ta verrattuna valettuun aihioon (DUP27 C). Puristetun aihion  
 35 sitkeyttä on tässä mitattu murtokuroumalla. Nähdään että pu-  
 ristettu aihio on juuri kuumamuokkauslämpötila-alueella sel-  
 västi parempi kuin valettu aihio.

Parhaiten PRENW- (tai PREN-)indeksi on suurempi kuin 35

ja kaikkein parhaiten suurempi kuin 40.

5 Teräspulverin happipitoisuus pyritään pitämään mahdollisimman alhaisena. Parhaiten se on alle 250 ppm. Matala happitaso saavutetaan pulverin huolellisella käsittelyllä, atomisointikaasun puhtauden kontrolloinnilla ja kapselimateriaalin oikealla käsittelyllä ja valmistuksella.

10 Teräspulverista on lisäksi edullista seuloa suuret partikkelit pois ennen käyttöä. Parhaiten pulverin maksimikoko on enintään 500 mikrometriä ja kaikkein parhaiten enintään 250 mikrometriä. Näin estetään erityisesti suurten epämetallisten sulkeumien muodostuminen lopputuotteeseen. Tällaiset sulkeumat ovat erityisesti väsymiskestävyyden kannalta haitallisia.

**PATENTTIVAATIMUKSET**

1. Menetelmä telan valmistamiseksi teräksestä siten, että  
- sulasta teräksestä valmistetaan kaasuatomoisoinnilla pulveria,

5 - valmistetaan pulverista tela-aihio tai telaosa-aihio siten, että täytetään pulverilla muotti, joka saatetaan korkeassa lämpötilassa puristuksen ja/tai kuumamuokkauksen alaiseksi, ja liitetään mahdollisesti valmistetut telaosa-aihiot yhteen tela-aihioksi, ja

10 - koneistetaan tela-aihio telaksi, tunnettu siitä, että - teräksenä käytetään austeniittis-ferriittistä ruostumatonta terästä ja siitä valmistetaan paperi- tai kartonkikoneen tela tai tela-aihio.

15 2. Vaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että puristus suoritetaan kuumaisostaattisesti.

3. Vaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä tunnettu siitä, että pulverista kuumaisostaattisesti puristamalla valmistetaan väliaihio, josta lopullinen tela-aihio tai telaosa-aihio valmistetaan muokkaamalla.

20 4. Jonkin vaatimuksen 1 - 3 mukainen menetelmä tunnettu siitä, että teräksen koostumus painoprosentteina on:

C	max 0,08	edullisesti	max 0,03
Si	max 2	"	max 1,5
Mn	max 2	"	max 1,5
25 Cr	18 - 29	"	23 - 28
Mo	1,5 - 4,5	"	2,5 - 3,5
Ni	4,5 - 9	"	6,5 - 8,5
Cu	max 3	"	1 - 2,5
N	0,1 - 0,35	"	0,18 - 0,25
30 S	max 0,03	"	max 0,005
P	max 0,03	"	max 0,025
Al	max 0,1	"	max 0,02

5. Vaatimuksen 4 mukainen menetelmä tunnettu siitä, että koostumus on:

35 C	max 0,03	parhaiten	max 0,02
Si	max 1,5	"	max 1
Mn	max 1,5	"	0,6 - 1
Cr	24 - 28	"	25 - 27



	Mo	2,5 - 3,5	"	2,75 - 3,25
	Ni	6,5 - 8	"	7 - 7,5
	Cu	max 3	"	1,5 - 2,5
	N	0,15 - 0,3	"	0,18 - 0,25
5	S	max 0,03	"	max 0,005
	P	max 0,03	"	max 0,025
	Al	max 0,1	"	max 0,02

6. Vaatimuksen 4 tai 5 mukainen menetelmä tunnettu siitä, että teräs sisältää seosaineena lisäksi enintään 3 % wolframia tai yhteensä enintään 0,5 % vanadiinia, niobia tai titaania.

7. Jonkin vaatimuksen 1 - 6 mukainen menetelmä imutelan valmistamiseksi.

8. Jonkin vaatimuksen 1 - 7 mukainen menetelmä tunnettu siitä, että teräksen PRENW-indeksi,

15 
$$\text{PRENW} = \text{Cr-}\% + 3,3 * (\text{Mo-}\% + 0,5 * \text{W-}\%) + 16 * \text{N-}\%,$$
 on suurempi kuin 35, parhaiten suurempi kuin 40.

9. Jonkin vaatimuksen 1 - 8 mukainen menetelmä tunnettu siitä, että valmistetaan pulveria jonka happipitoisuus on enintään 250 ppm.

20 10. Jonkin vaatimuksen 1 - 9 mukainen menetelmä tunnettu siitä, että pulverista poistetaan yli 500 mikrometrin, parhaiten yli 250 mikrometrin kokoiset partikkelit ennen aihion valmistusta.

25 11. Menetelmä tela-aihion tai telaosa-aihion valmistamiseksi teräksestä siten, että aihio valmistetaan kaasuatomisoidusta teräspulverista täyttämällä pulverilla muotti ja saattamalla se korkeassa lämpötilassa puristuksen ja/tai kuumamuokkauksen alaiseksi, tunnettu siitä, että käytetään austeniittis-ferriittistä terästä ja siitä valmistetaan paperikoneen tela-aihio tai telaosa-aihio.

30

Patentkrav

1. Förfarande för framställning av en vals av stål, så att  
 - pulver framställs av smält stål genom gasatomisering  
 - ett valsämne eller ett ämne för en del av en vals  
 5 framställs av pulvret så, att med pulvret fylls en form  
 vilken under hög temperatur utsätts för pressning och/eller  
 varmbearbetning, och de eventuella ämnena för delar av en  
 vals fogas samman till ett valsämne, och  
 - valsämnet bearbetas till en vals, kännetecknat av att  
 10 - det använda stålet är austenitiskt-ferritiskt, rostfritt  
 stål, och en vals eller ett valsämne för en pappers- eller  
 kartongmaskin tillverkas.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, kännetecknat av att  
 15 pressningen sker varmisostatiskt.

3. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, kännetecknat av  
 att av pulvret genom varmisostatisk pressning tillverkas ett  
 intermediärt ämne, varav det slutliga valsämnet eller ämnet  
 20 för en del av en vals tillverkas genom bearbetning.

4. Förfarande enligt något av patentkrav 1-3, kännetecknat av  
 att stålets sammansättning i viktprocent är:

	C	max 0,08	företrädesvis max 0,03
25	Si	max 2	" max 1,5
	Mn	max 2	" max 1,5
	Cr	18 - 29	" 23 - 28
	Mo	1,5 - 4,5	" 2,5 - 3,5
	Ni	4,5 - 9	" 6,5 - 8,5
30	Cu	max 3	" 1 - 2,5
	N	0,1 - 0,35	" 0,18 - 0,25
	S	max 0,03	" max 0,005
	P	max 0,03	" max 0,025
35	Al	max 0,1	" max 0,02

5. Förfarande enligt patentkrav 4, kännetecknat av att  
 sammansättningen är

C	max 0,03	företrädesvis max 0,02
Si	max 1,5	" max 1

	Mn	max 1,5	"	0,6 - 1
	Cr	24 - 28	"	25 - 27
	Mo	2,5 - 3,5	"	2,75 - 3,25
	Ni	6,5 - 8	"	7 - 7,5
5	Cu	max 3	"	1,5 - 2,5
	N	0,15 - 0,3	"	0,18 - 0,25
	S	max 0,03	"	max 0,005
	P	max 0,03	"	max 0,025
	Al	max 0,1	"	max 0,02

10

6. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att stålet ytterligare är legerat med högst 3 % wolfram eller sammanlagt högst 0,5 % vanadin, niob eller titan.

15 7. Förfarande enligt något av patentkrav 1-6 för framställning av en sugvals.

8. Förfarande enligt något av patentkrav 1-7, **kännetecknat** av att stålets PRENW-index,  
 20  $\text{PRENW} = \text{Cr-}\% + 3,3 * (\text{Mo-}\% + 0,5 * \text{W-}\%) + 16 * \text{N-}\%$ ,  
 är större än 35, företrädesvis större än 40.

9. Förfarande enligt något av patentkrav 1-8, **kännetecknat** av att ett pulver framställs, vars syrehalt är högst 250 ppm.

25

10. Förfarande enligt något av patentkrav 1-9, **kännetecknat** av att ur pulvret avlägsnas partiklar med en storlek på över 500 mikrometer, företrädesvis över 250 mikrometer, förrän ämnet framställs.

30

11. Förfarande för framställning av ett valsämne eller ett ämne för en del av en vals av stål, så att ämnet framställs av gasatomiserat stålpulver genom att med pulvret fylla en form och vid hög temperatur utsätta den för pressning och/eller varmbearbetning, **kännetecknat** av att det använda stålet är austenitiskt-ferritiskt stål, och ett valsämne eller ett ämne för en del av en vals för en pappers- eller kartongmaskin tillverkas.

35

# DUPLEX-TERÄSTEN PISTEKORROOSION- KESTÄVYYS ERI SEOSTUSASTEILLA

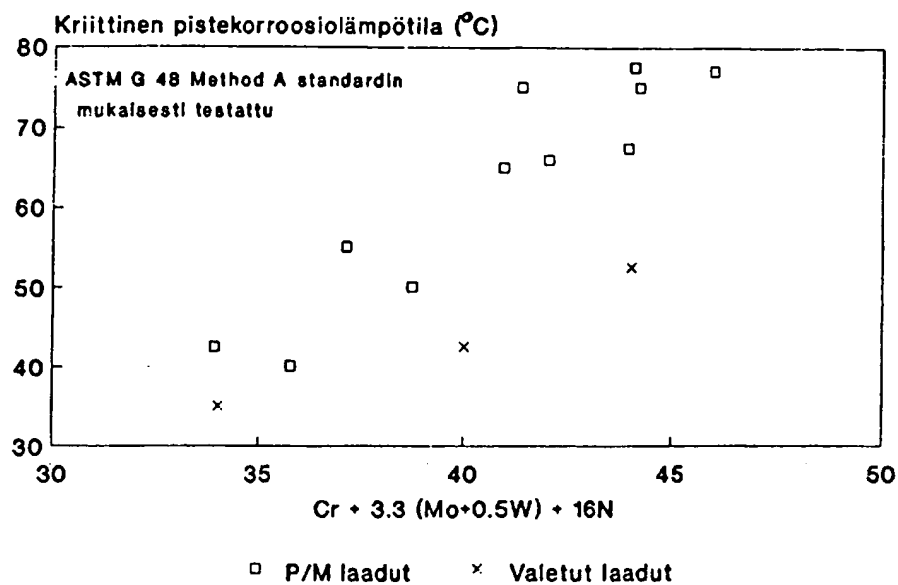


Fig. 1

# DUPLEX-TERÄSTEN MYÖTÖ- JA MURTOLUJUUDET ERI SEOSTUSASTEILLA

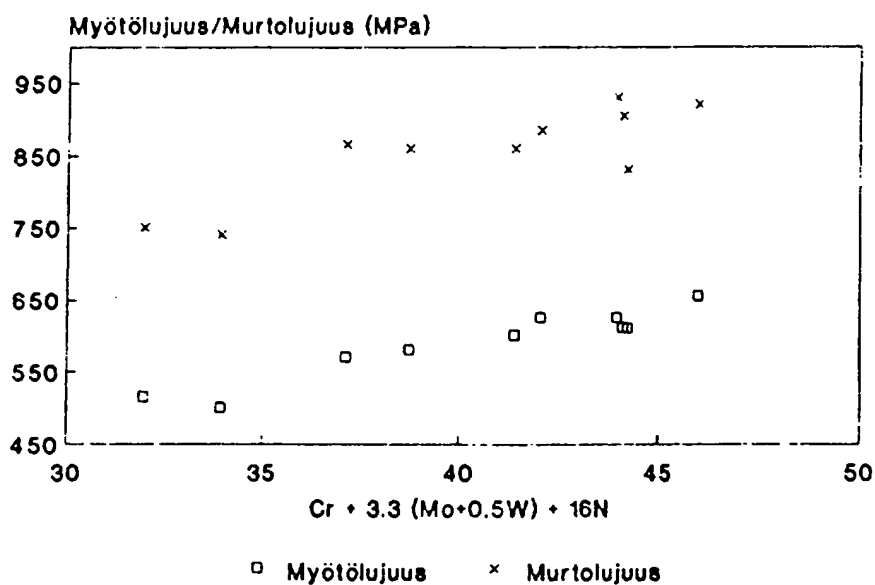


Fig. 2

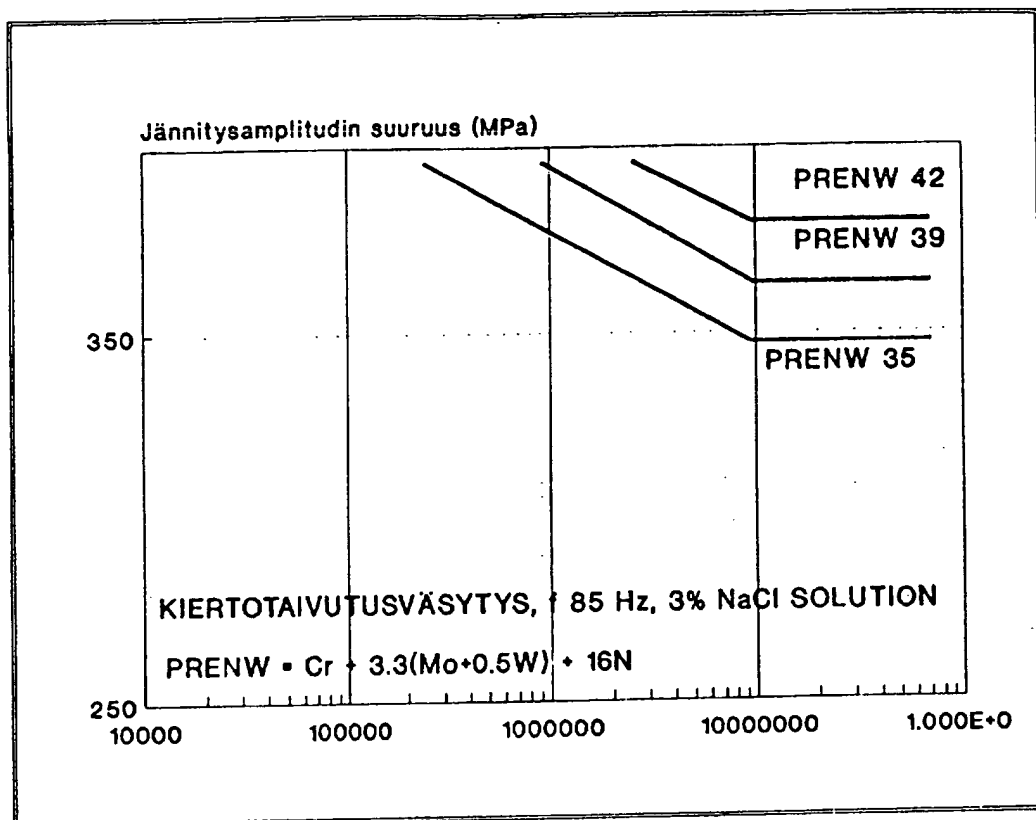


Fig. 3

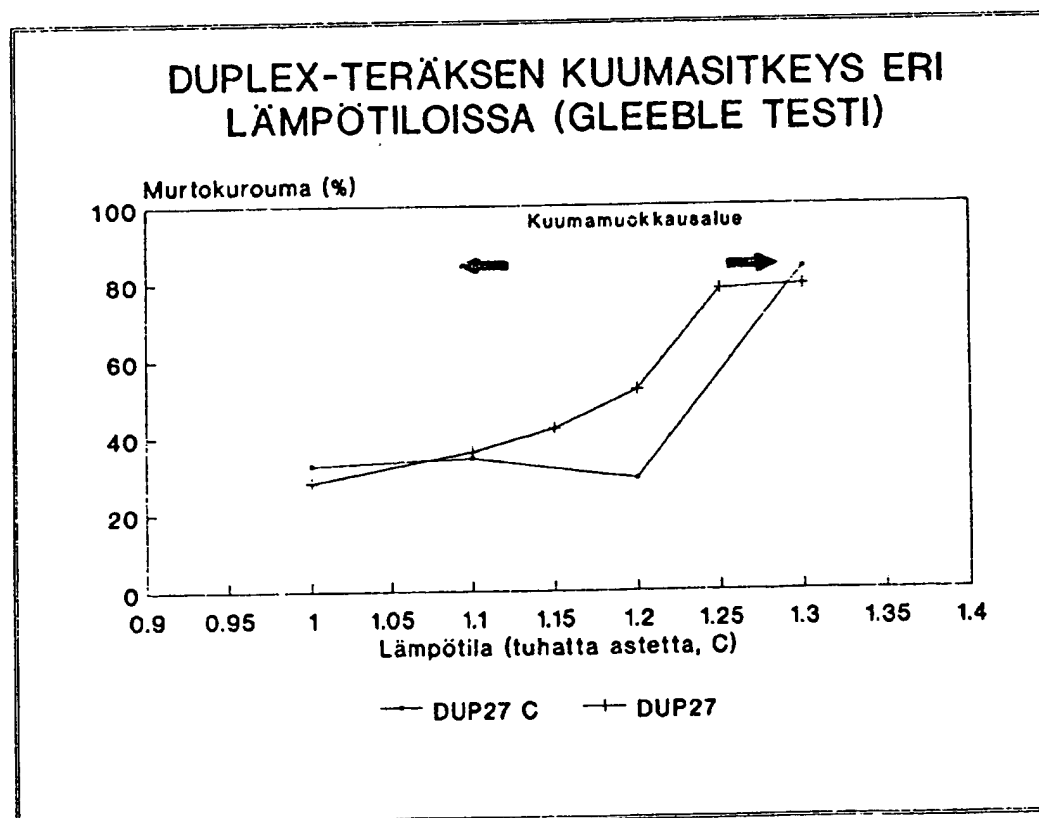


Fig. 4